

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-137687

(43)Date of publication of application : 14.05.2003

---

(51)Int.Cl.

C30B 29/06

---

(21)Application number : 2001-339189

(71)Applicant : SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORP

(22)Date of filing : 05.11.2001

(72)Inventor : KATO KOJI

---

(54) METHOD OF GROWING SILICON SINGLE CRYSTAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make apparent segregation coefficient large with a simple means, to make the specific resistance of a silicon single crystal uniform and to improve the yield so as to obtain a silicon wafer having a desired specific resistance in the longitudinal direction of a p-type rod-shaped silicon single crystal obtained by doping boron as a main dopant.

SOLUTION: The silicon single crystal is pulled from a silicon melt prepared by adding an amount of 25 to 35%, based on the absolute concentration (atom/ cc) of boron contained, of phosphorous in an initial melt by a Czochralski method.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-137687

(P2003-137687A)

(43) 公開日 平成15年5月14日 (2003.5.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 3 0 B 29/06

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 29/06

キーワード\* (参考)

5 0 2 H 4 G 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-339189 (P2001-339189)

(22) 出願日 平成13年11月5日 (2001.11.5)

(71) 出願人 302006854

三菱住友シリコン株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 加藤 浩二

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地

住友金属工業株式会社シチックス事業本部  
内

(74) 代理人 100075535

弁理士 池条 重信

Fターム (参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EB01 HA12

PB05 PB14

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶の育成方法

(57) 【要約】

【課題】 ボロンを主添加剤とする p 型の棒状シリコン単結晶の長さ方向に所要の比抵抗値を有するシリコンウェーハを得るため、できるだけ簡便な手段で見かけの偏析係数を大きくして、シリコン単結晶の比抵抗値を均一にして歩留りを向上させる。

【解決手段】 含有されるボロンの絶対濃度 (a t o m s / c c) の 2 5 ~ 3 5 % に相当するリンを初期融液に添加した熔融シリコンより、チョクラルスキー法で引上げる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主添加剤として含有されるボロンの絶対濃度 ( $\text{atoms/cc}$ ) の 25~35% に相当するリンを初期融液に添加した溶融シリコンより、チョクラスキー法で引上げ方向に比抵抗値が均一な p 型シリコン単結晶を育成するシリコン単結晶の育成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体材料として使用されるシリコンウェーハ用の p 型シリコン単結晶の育成方法に関し、棒状単結晶の長さ方向に所要の比抵抗値を有するシリコンウェーハがより多く得られ歩留りにすぐれたシリコン単結晶の育成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 所望の比抵抗をもつシリコン単結晶をチョクラスキー法で育成する場合、シリコンと添加剤の種類により決まる物質固有の偏析係数を考慮する必要があり、一般的に引き上げられた単結晶インゴットの後部になるほど比抵抗は低下するため、所望の比抵抗範囲が比較的狭い場合には、その所望の範囲を逸脱することになり、逸脱した部分は製品として使用できなくなる。

【0003】 そこで、ボロン等の p 型不純物の効果を相殺し、見かけの偏析係数を大きくする方法として、n 型不純物を添加する方法が種々提案 (特開平 10-29894 号、特許第 2804456 号及び特許第 2804455 号、特許第 2756476 号など) されている。これにより 1 本のインゴットからより多くの所望の比抵抗値をもつウェーハがより多く得られ、歩留りの向上を図ることができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 特開平 10-29894 号に記載の単結晶シリコンの比抵抗調整方法では、石英ルツボの底部に比抵抗の低下を打ち消す添加剤を含有させる必要があるが、初期融解時にはその添加物を融解させてはならず、実際に行おうとした場合、煩雑な方法を取らざるを得ない、または育成途中で融液中に添加剤を添加しなければならないため、何らかの治具が必要であり、簡便な方法ではない。

【0005】 特許第 2804456 号及び特許第 2804455 号に記載の方法は、B または P を添加した Si 融液に融点近傍の熱膨張係数を小さくする元素 (Ga, Sb または In) を追加添加、あるいは Ga または Sb を添加した Si 融液に融点近傍の熱膨張係数を大きくする元素 (B または P) を追加添加して引き上げることににより、成長方向に不純物濃度が均一な単結晶を育成することができるとされている。

【0006】 特許第 2756476 号に記載の方法は、CZ 又は FZ 方法にて育成して得たウェーハ面内の比抵抗値の均一性を改善するために、特定の計算式で添加する不純物量を求めてこれを添加する。しかし、この方法

で n 型不純物を添加して引き上げ率が大きい場合には、インゴットのボトム部付近において比抵抗値が減少から増加に移る逆転する部分が現れる場合がある。従って、インゴットの比抵抗値保証が困難となり、ウェーハ化工程において全数の比抵抗値を測定する必要が生じて煩雑な工程フローとなる場合がある。

【0007】 この発明は、ボロンを主添加剤とする p 型の棒状シリコン単結晶の長さ方向に所要の比抵抗値を有するシリコンウェーハを得ることを目的とし、またできるだけ簡便な手段で見かけの偏析係数を大きくして、シリコン単結晶の比抵抗値を均一にして歩留りを向上させることが可能なシリコン単結晶の育成方法を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 発明者は、n 型不純物を添加する手段で p 型シリコン単結晶の見かけの偏析係数を大きくする方法において、シリコン単結晶の長さ方向に比抵抗値が均一となるようにする n 型不純物の添加手段を目的に種々検討した結果、初期融液中にリンを単に所定量添加するという簡単な方法で目的が達成できることを知見し、この発明を完成した。

【0009】 すなわち、この発明は、チョクラスキー法で、原料シリコンを溶融してボロンを主添加剤として含有する p 型シリコン単結晶を育成する方法において、初期融液が含む絶対ボロン濃度 ( $\text{atoms/cc}$ ) の 25~35% となるように、初期融液中にリンを添加すること、換言すれば、主添加剤として含有されるボロンの見かけのボロン偏析係数が 0.83~0.88 となるようにリンを初期融液に添加することを特徴とするシリコン単結晶の育成方法である。

## 【0010】

【発明の実施の形態】 この発明は、初期融液に絶対ボロン濃度 ( $\text{atoms/cc}$ ) の 25~35% のリンを添加すると、ボロンの見かけの偏析係数は 0.83~0.88 になり、通常製造する単結晶のほぼ全域にわたり所望の比抵抗値を得ることができ、かつインゴットのボトム付近で比抵抗が逆転する部分が現れない効果が得られることを特徴とする。

【0011】 すなわち、この発明において、シリコン単結晶の比抵抗値は引上げ方向に均一であることを特徴とするが、引上げた単結晶のトップからボトム方向に、例えば、単結晶の長さの 90% 以下において目標比抵抗値から -30% 以内の値を示すなどの所要範囲内で減少から増加する等の現象がなく、減少傾向のみを示すことが望ましい。

【0012】 なお、ボロンの見かけの偏析係数とは、比抵抗値とその測定位置から、ボロンのみが存在すると仮定して求めた場合の偏析係数である。シリコン中にあるボロン・リンはそれぞれ独立した偏析を行う。フォトルミネッセンス等でボロンおよびリンの絶対量を測定しそ

それぞれの偏析係数を求めると、Cボロン $\gg$ Cリンの場合も、Cボロン $>$ Cリンの場合も0.75、0.35に近い値となる。ところが比抵抗値とその測定位置から偏析係数を求めるとボロンにより発生した空孔とリンにより発生した電子が打ち消し合うため、上記とは異なる偏析係数となる。この場合、ボロンのみが存在すると仮定している。具体的には、Cボロン $\gg$ Cリンの場合には、圧倒的に空孔の数が多いため0.75に近い値となるがCボロン $>$ Cリンの場合には、空孔の数と電子の数が近似

(特に結晶後半)してくるため電子による空孔の打ち消し量が無視できなくなり、比抵抗値とその測定位置から偏析係数を求めると0.75より大きな値となる。

【0013】この発明において、初期融液に、それが含む絶対ボロン濃度(atoms/cc)の25~35%のリンを添加するが、25%未満では、ボロンの見かけの偏析係数は0.83以下となり、所望の比抵抗値を得られる範囲に限られ、リンを添加する効果が得難く、35%を越えると、ボロンの見かけの偏析係数は0.88以上となり、ほぼ全範囲にわたり所望の比抵抗値を得られるが、インゴットのボトム付近で比抵抗が逆転する部分

が現れるか、あるいはそれに準ずる部分が現れるため好ましくない。

【0014】詳述すると、ボロンの偏析係数は0.75程度、リンの偏析係数は0.35程度、偏析係数が小さいほど、単結晶中に取り込まれる不純物濃度は小さくなるが、これは偏析係数が小さいほど、融液中の不純物濃度の濃縮が進むことを意味する。ボロン濃度とリン濃度が近似している場合、特にインゴットのボトム付近でリンの濃縮が無視できなくなる。

【0015】ボロン濃度とリン濃度が近似していない(Cボロン $\gg$ Cリン)通常の場合は、ボトムに向かうに従いボロン・リンともに増加し、またボロン濃度とリン濃度の差が大きいため見かけの偏析係数も変わらない。ところがボロン濃度とリン濃度が近似している場合、特にCボロン $>$ Cリンで近似している場合には見かけの偏析係数も変わってくる。この時ボトムに向かうに従いボロン・リンともに増加するが、リンの増加量がボロンの増加量を超えるとボロンの見かけの偏析係数が局所的に負になり比抵抗の逆転現象が起こる。よって、不純物の組合せの種類により特定の最適な値が存在することになる。

【0016】この発明において、チョクラルスキー法における引上げ条件としては、特に限定されないが、初期融液の絶対ボロン濃度は $2.7 \times 10^{16}$  atoms/cc以下であることが好ましい。

#### 【0017】

##### 【実施例】比較例1

140kgのシリコンを溶融してp型15~20 $\Omega$ cmの8インチ単結晶を育成する目的で、ボロン添加量は、 $5.77 \times 10^{19}$  atoms/cc相当のボロンを含む

ドーパントを添加する条件で育成した。

【0018】各引上率部におけるシリコン中のボロンおよびリン濃度を図1Aに、ボロンとリンの濃度差を図1Bに、各引上率部における比抵抗値を図1Cに示す。その結果、全体の70%しか所望の比抵抗値を得られなかった。また、シリコンに対するボロンの偏析係数は、0.75であった。

#### 【0019】比較例2

比較例1と同様に140kgのシリコンを溶融してp型15~20 $\Omega$ cmの8インチ単結晶を育成するとき、初期融液が含む絶対ボロン濃度(atoms/cc)の40%のリンを添加したところ、図3にボロンおよびリン濃度、ボロンとリンの濃度差、比抵抗値を示すように全体の100%において所望の比抵抗値を得ることはできたが、インゴットのボトム部付近で比抵抗値が逆転する部分が現れた。

#### 【0020】実施例1

比較例1と同様に140kgのシリコンを溶融してp型15~20 $\Omega$ cmの8インチ単結晶を育成するとき、初期融液が含む絶対ボロン濃度(atoms/cc)の31%のリンを添加して引上げを行った。

【0021】その結果、図2にボロンおよびリン濃度、ボロンとリンの濃度差、比抵抗値を示すように、全体の90%において所望の比抵抗値を得ることができた。また、リンを添加しないときのシリコンに対するボロンの偏析係数は、0.75であったが、31%のリンを添加した場合は0.85であった。

#### 【0022】

【発明の効果】この発明は、ボロンを主添加剤とするp型シリコン単結晶の育成に際し、特定量のリンを添加するという簡便な手段で見かけの偏析係数を大きくでき、シリコン単結晶の比抵抗値を長さ方向に均一に所要値とすることが可能で、歩留りを向上させることができる。

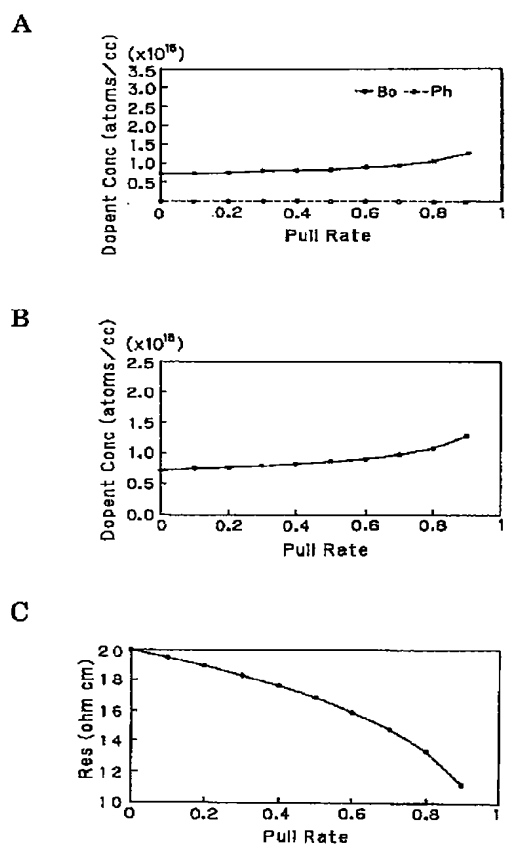
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】Aはリン添加量0%の場合の各引上率部におけるシリコン中のボロンおよびリン濃度を示すグラフ、Bは同各引上率部におけるボロンとリンの濃度差を示すグラフ、Cは同各引上率部における比抵抗値を示すグラフである。

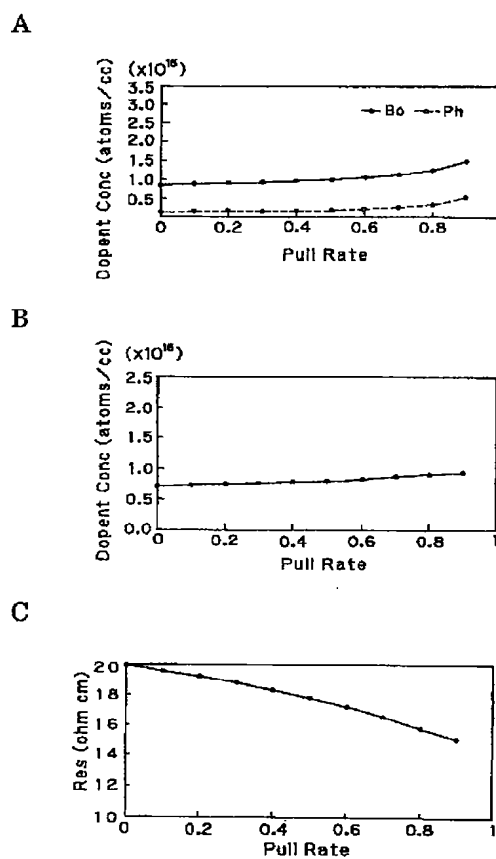
【図2】Aはリン添加量31%の場合の各引上率部におけるシリコン中のボロンおよびリン濃度を示すグラフ、Bは同各引上率部におけるボロンとリンの濃度差を示すグラフ、Cは同各引上率部における比抵抗値を示すグラフである。

【図3】Aはリン添加量40%の場合の各引上率部におけるシリコン中のボロンおよびリン濃度を示すグラフ、Bは同各引上率部におけるボロンとリンの濃度差を示すグラフ、Cは同各引上率部における比抵抗値を示すグラフである。

【図1】

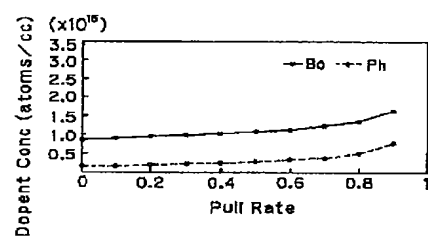


【図2】

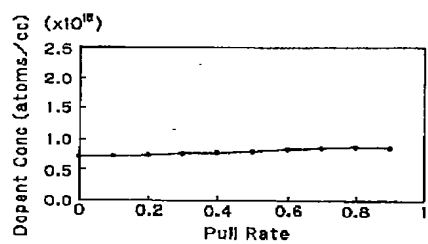


【図3】

A



B



C

